

# CRYSTAL LENS AND OPTICAL PICKUP SYSTEM USING THE SAME

**Publication number:** JP9043401 (A)

**Publication date:** 1997-02-14

**Inventor(s):** KOIKE KATSUHIRO; TSUKAI YOSHIYUKI +

**Applicant(s):** PIONEER ELECTRONIC CORP +

**Classification:**



- international: **G02B1/02; G02B13/00; G02B27/28; G02B3/10; G02B5/30; G11B7/135; G11B7/00; G02B1/00; G02B13/00; G02B27/28; G02B3/10; G02B5/30; G11B7/135; G11B7/00; (IPC1-7): G02B1/02; G02B13/00; G02B3/10; G02B5/30; G11B7/135**

- European: **G02B1/02; G02B1/08; G02B27/28B; G02B3/10; G02B5/30R; G11B7/135F**

**Application number:** JP19950195628 19950731

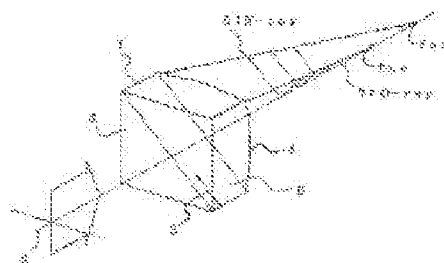
**Priority number(s):** JP19950195628 19950731

**Also published as:**

 **JP3534363 (B2)**  
 **US5867315 (A)**

## Abstract of JP 9043401 (A)

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a crystal lens with which a practicable light quantity is obtainable and which is strong to a change in the wavelength of a laser, an optical element and an optical pickup optical system. **SOLUTION:** This crystal lens consists of a bifocal crystal lens 1 consisting of a uniaxial crystal of which at least one of two coaxial faces 3, 4 are curved surfaces or a first lens body consisting of a translucent uniaxial crystal and a second lens body consisting of a translucent optical material joined to the first lens body via the boundary of the curved surfaces.; This optical pickup optical system includes the crystalline lens which consists of the first lens body consisting of the translucent uniaxial crystal and the second lens body consisting of the translucent second uniaxial lens or optically isotropic material joined to the first lens body via the boundary of spherical faces or aspherical faces and an objective lens which is arranged coaxially with the crystal lens and, therefore, the optical pickup optical system with which two foci are simultaneously attained is obtd.



.....  
 Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B	1/02		G 0 2 B	1/02
	3/10			3/10
	5/30			5/30
	13/00			13/00
G 1 1 B	7/135		G 1 1 B	7/135
				A
審査請求 未請求 請求項の数28 O L (全 11 頁)				

(21) 出願番号 特願平7-195628

(22) 出願日 平成7年(1995)7月31日

(71) 出願人 000005016

パイオニア株式会社

東京都目黒区目黒1丁目4番1号

(72) 発明者 小池 克宏

埼玉県鶴ヶ島市富士見6丁目1番1号パイ  
オニア株式会社総合研究所内

(72) 発明者 塚井 好之

埼玉県鶴ヶ島市富士見6丁目1番1号パイ  
オニア株式会社総合研究所内

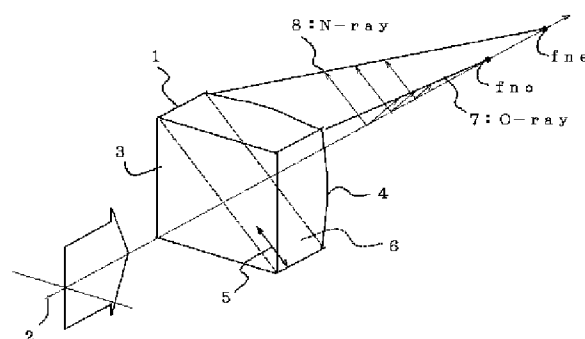
(74) 代理人 弁理士 藤村 元彦

(54) 【発明の名称】 結晶レンズ及びこれを用いた光ピックアップ光学系

(57) 【要約】

【目的】 実用できる光量が得られかつレーザーの波長の変化に対して強い結晶レンズ及び光学素子並びに光ピックアップ光学系を提供する。

【構成】 2つの共軸面の少なくとも1つが曲面表面である一軸結晶からなる二焦点結晶レンズ。透光性の一軸結晶からなる第1レンズ体と、第1レンズ体に曲面の界面を介して接合する透光性の光学材料からなる第2レンズ体と、からなる結晶レンズ。透光性の一軸結晶からなる第1レンズ体及び、第1レンズ体に球面又は非球面の界面を介して接合する透光性の第2の一軸結晶又は光学的等方性材料からなる第2レンズ体からなる結晶レンズと、結晶レンズに共軸に配置された対物レンズと、を含む光ピックアップ光学系であるので、同時に二焦点を達成する光ピックアップ光学系が得られる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 2つの共軸面の少なくとも1つが曲面表面である一軸結晶からなることを特徴とする二焦点結晶レンズ。

【請求項 2】 前記一軸結晶が入射光線の光軸に垂直である光学結晶軸を有することを特徴とする請求項 1 記載の二焦点結晶レンズ。

【請求項 3】 前記一軸結晶が入射光線の光軸に平行である光学結晶軸を有することを特徴とする請求項 1 記載の二焦点結晶レンズ。

【請求項 4】 前記曲面表面が球面又は非球面であることを特徴とする請求項 1～3 のいずれか 1 記載の二焦点結晶レンズ。

【請求項 5】 前記 2つの共軸面の少なくとも一方の上に形成された光学的等方性材料からなる非球面層を有することを特徴とする請求項 1～4 のいずれか 1 記載の二焦点結晶レンズ。

【請求項 6】 透光性の一軸結晶からなる第 1 レンズ体と、前記第 1 レンズ体に曲面の界面を介して接合する透光性の光学材料からなる第 2 レンズ体と、からなることを特徴とする結晶レンズ。

【請求項 7】 前記一軸結晶が入射光線の光軸に垂直である光学結晶軸を有することを特徴とする請求項 6 記載の結晶レンズ。

【請求項 8】 前記一軸結晶が入射光線の光軸に平行である光学結晶軸を有することを特徴とする請求項 6 記載の結晶レンズ。

【請求項 9】 その主面の法線が入射光線の光軸に一致させて配置されたとき、前記第 1 又は 2 レンズ体の一方は、該入射光線の光軸上に配置されかつ、その横断面積が入射光線の波面方向における入射光線の横断面積より小であることを特徴とする請求項 6～8 のいずれか 1 記載の結晶レンズ。

【請求項 10】 前記曲面の界面が球面又は非球面であることを特徴とする請求項 6～9 のいずれか 1 記載の結晶レンズ。

【請求項 11】 入射光線の入射側及び屈折光線の出射側の表面の少なくとも一方が平面、球面又は非球面であることを特徴とする請求項 6～10 のいずれか 1 記載の結晶レンズ。

【請求項 12】 前記入射側及び出射側の表面が平面で平行であることを特徴とする請求項 11 記載の結晶レンズ。

【請求項 13】 前記光学材料が第 2 の一軸結晶であることを特徴とする請求項 6～12 のいずれか 1 記載の結晶レンズ。

【請求項 14】 前記一軸結晶及び前記第 2 の一軸結晶が同一材料であることを特徴とする請求項 13 記載の結晶レンズ。

【請求項 15】 前記一軸結晶及び前記第 2 の一軸結晶

が異なる種類の材料であることを特徴とする請求項 13 記載の結晶レンズ。

【請求項 16】 前記一軸結晶及び前記第 2 の一軸結晶がそれぞれ入射光線の光軸に垂直である光学結晶軸を有していることを特徴とする請求項 13～15 のいずれか 1 記載の結晶レンズ。

【請求項 17】 前記一軸結晶及び前記第 2 の一軸結晶の光学結晶軸が互いに交差して配置されていることを特徴とする請求項 13～16 のいずれか 1 記載の結晶レンズ。

【請求項 18】 前記一軸結晶及び前記第 2 の一軸結晶の光学結晶軸が互いに 90 度の角度をなして配置されていることを特徴とする請求項 13～17 のいずれか 1 記載の結晶レンズ。

【請求項 19】 前記一軸結晶及び前記第 2 の一軸結晶の光学結晶軸が互いに 45 度の角度をなして配置されていることを特徴とする請求項 13～18 のいずれか 1 記載の結晶レンズ。

【請求項 20】 前記光学材料が光学的等方性材料であることを特徴とする請求項 6～12 のいずれか 1 記載の結晶レンズ。

【請求項 21】 前記光学的等方性材料の屈折率が前記一軸結晶の異常光線屈折率又は常光線屈折率に略等しいことを特徴とする請求項 20 記載の結晶レンズ。

【請求項 22】 前記光学的等方性材料が光学ガラス又は合成樹脂であることを特徴とする請求項 21 又は 22 記載の結晶レンズ。

【請求項 23】 2つの共軸面の少なくとも1つが球面又は非球面である一軸結晶からなる二焦点結晶レンズを対物レンズとして用いたことを特徴とする光ピックアップ光学系。

【請求項 24】 透光性の一軸結晶からなる第 1 レンズ体及び、前記第 1 レンズ体に球面又は非球面の界面を介して接合する透光性の第 2 の一軸結晶又は光学的等方性材料からなる第 2 レンズ体からなる結晶レンズと、前記結晶レンズに共軸に配置された対物レンズと、を含むことを特徴とする光ピックアップ光学系。

【請求項 25】 前記第 1 又は 2 レンズ体の一方は、その横断面積が入射光線の波面方向における入射光線の横断面積より小であることを特徴とする請求項 24 記載の光ピックアップ光学系。

【請求項 26】 前記結晶レンズの入射側に共軸に配置され開口数を制限する開口数制限手段を含むことを特徴とする請求項 24 又は 25 記載の光ピックアップ光学系。

【請求項 27】 前記開口数制限手段は、該入射光線の光軸上に形成されかつ、入射光線の波面方向における入射光線の横断面積より小である開口を有する環状偏光板であることを特徴とする請求項 26 記載の光ピックアップ光学系。

【請求項 2 8】 前記開口数制限手段は、入射光線の横断面面積より小である  $1/4$  波長板であることを特徴とする請求項 2 6 記載の光ピックアップ光学系。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、偏光光学素子に関し、特に光ピックアップを有する光学式情報読み取り装置の光学系のレンズに関する。

【0002】

【従来の技術】いわゆる CD (compact disk) 及び SD (super density disk) 等の光ディスクから記録情報を読み取りできるコンパクト光学式ビデオディスクプレーヤ等の光学式情報読み取り装置の光学系に用いられ得るように、二焦点レンズが求められている。CD 及び SD などの光ディスクにおいて、光ディスク厚みの異なる仕様のシステムが混在し、これらと同じプレーヤで再生することができれば好都合である。また多層構造の光ディスクでは、各層毎に実効上の光ディスクの厚みが異なる。これら層厚みは読み取り対物レンズにとって、球面収差が生ずることとなる。また、異なる光ディスクにおいて、読み取り対物レンズの最適な開口数 NA も異なってくる可能性がある。これらを解決するために、上記二焦点レンズは非常に有効である。

【0003】二焦点レンズとしてホログラムレンズが知られている。ホログラムレンズは、同心円状の凹凸あるいは屈折率分布の回折格子を有するホログラムと基盤等に凹凸、あるいは屈折率分布を設けて、これにレンズ作用を持たせたものである。このホログラムレンズは、回折を用いているため、入射ビームをいくつかのビームに分けることができる。

【0004】このホログラムレンズによる二焦点化方法には、高い回折効率のホログラムを作製するのが難しく、実際に利用できる光量が少ない、さらに、ホログラムの波長依存性が強い、レーザーの波長の変化に対して弱い、などの欠点がある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、実用できる光量が得られかつレーザーの波長の変化に対して強い二焦点レンズ及び結晶レンズなどの光学素子並びにこれを用いた光ピックアップ光学系を提供することを目的とする。

【0006】

【発明を解決するための手段】本発明は、2つの共軸面の少なくとも1つが曲面表面である一軸結晶からなることを特徴とする二焦点結晶レンズである。一軸結晶の複屈折を利用して互いに直行する振動面を有する異常光線及び常光線の偏光を分離して二焦点を得るので、構成が簡素で小型化低コスト化ができる故に、好ましい。

【0007】一軸結晶が入射光線の光軸に垂直である光学結晶軸を有する前記二焦点結晶レンズは、常光線屈折

率から最大に偏倚した異常光線屈折率を得ることができ、二焦点間を最大に設定できるので、好ましい。一軸結晶が入射光線の光軸に平行である光学結晶軸を有する前記二焦点結晶レンズは、入射光線の光軸から曲面表面上の距離に応じて偏光の分離の程度を設定できるので、好ましい。

【0008】曲面表面が球面又は非球面である前記二焦点結晶レンズは、近軸条件又は収差補正を満たすことができるので、好ましい。さらに、レンズ表面を円柱若しくは楕円柱などの曲面とすることもできる。なお、非球面はレンズ径方向に連続的に異なった曲率半径を有する面である。2つの共軸面の少なくとも一方の上に形成された光学的等方性材料からなる非球面層を有する前記二焦点結晶レンズは、非球面層がサブミクロンオーダー鏡面仕上金型により加工されたレンズ基板上に数十マイクロメートル厚で紫外線硬化樹脂などの重合形成で得られ、小型化低コスト化ができるので、好ましい。

【0009】さらに、本発明は、透光性の一軸結晶からなる第1レンズ体と、前記第1レンズ体に曲面の界面を介して接合する透光性の光学材料からなる第2レンズ体と、からなることを特徴とする結晶レンズである。一軸結晶の複屈折を利用して互いに直行する振動面を有する異常光線及び常光線の偏光を分離して異なるレンズ作用を同時に達成できるので、好ましい。

【0010】結晶レンズの主面の法線が入射光線の光軸に一致させて配置されたとき、前記第1又は2レンズ体の一方は、該入射光線の光軸上に配置されかつ、その横断面面積が入射光線の波面方向における入射光線の横断面面積より小である前記結晶レンズは、部分的にレンズ体を形成するだけなので、小型化低コスト化ができ好ましい。

【0011】前記曲面の界面が球面又は非球面である前記結晶レンズ並びに、入射光線の入射側及び屈折光線の出射側の表面の少なくとも一方が平面、球面又は非球面である前記結晶レンズも、近軸条件又は収差補正を満たすことができるので、好ましく、曲面の界面並びに表面を円柱若しくは楕円柱などの曲面とすることもできる。

【0012】入射側及び出射側の表面が平面で平行である前記結晶レンズは、安価に形成できる平板基板から一面にレンズ体を形成するだけなので、小型化低コスト化ができ好ましい。前記光学材料が第2の一軸結晶であることを特徴とする前記結晶レンズは、2つの一軸結晶の異常光線及び常光線の屈折率差を選択的に使用できるので、好ましい。

【0013】前記一軸結晶及び前記第2の一軸結晶が同一材料である前記結晶レンズは、製造行程が簡略化できるので、小型化低コスト化ができ好ましい。前記一軸結晶及び前記第2の一軸結晶が異なる種類の材料である前記結晶レンズは、材料選択の範囲が広がるので、好ましい。前記一軸結晶及び前記第2の一軸結晶がそれぞれ入

射光線の光軸に垂直である光学結晶軸を有している前記結晶レンズは、光学結晶軸設定、入射光線の光軸設定が簡素になるので、好ましい。

【0014】前記一軸結晶及び前記第2の一軸結晶の光学結晶軸が互いに交差して配置されている前記結晶レンズは、2つの一軸結晶の異常光線及び常光線の任意の屈折率差を任意に設定できるので、好ましい。前記一軸結晶及び前記第2の一軸結晶の光学結晶軸が互いに90度の角度をなして配置されている前記結晶レンズは、2つの偏光の最大の屈折率を得ることができるので、好ましい。

【0015】前記一軸結晶及び前記第2の一軸結晶の光学結晶軸が互いに45度の角度をなして配置されていることを特徴とする前記結晶レンズは、2つの偏光の光量を略等しくできるので、好ましい。前記光学材料が光学的等方性材料である前記結晶レンズは、光学的等方性材料が一軸結晶より安価の場合が多く、さらに製造行程が簡略化できるので、小型化低コスト化ができ好ましい。

【0016】前記光学的等方性材料の屈折率が前記一軸結晶の異常光線屈折率又は常光線屈折率に略等しい前記結晶レンズは、入射光線が平行ならば平行光線と収束又は発散光線とが得られるので、好ましい。前記光学的等方性材料が光学ガラス又は合成樹脂である前記結晶レンズは、一軸結晶より安価で、さらに製造行程が簡略化できるので、小型化低コスト化ができ好ましい。

【0017】さらにまた、本発明は、2つの共軸面の少なくとも1つが球面又は非球面である一軸結晶からなる二焦点結晶レンズを対物レンズとして用いた光ピックアップ光学系である。これは、CD及びSD用のコンパチブルプレーヤの構造を極めて簡略化できるので、小型化低コスト化ができ好ましい。また、本発明は、透光性の一軸結晶からなる第1レンズ体及び、前記第1レンズ体に球面又は非球面の界面を介して接合する透光性の第2の一軸結晶又は光学的等方性材料からなる第2レンズ体からなる結晶レンズと、前記結晶レンズに共軸に配置された対物レンズと、を含むことを特徴とする光ピックア

ップ光学系である。これは、同時に二焦点を達成する光ピックアップ光学系となり、CD及びSD用のコンパチブルプレーヤの構造を簡略化できるので、小型化低コスト化ができ好ましい。

【0018】前記第1又は2レンズ体の一方がその横断面面積が入射光線の波面方向における入射光線の横断面面積より小である前記光ピックアップ光学系は、結晶レンズ自体を開口数制限手段となし、二焦点を達成すると同時に開口数を制限する光ピックアップ光学系となり、異なる仕様のCD及びSD用のコンパチブルプレーヤの構造を極めて簡略化できるので、小型化低コスト化ができ好ましい。

【0019】前記結晶レンズの入射側に共軸に配置され開口数を制限する開口数制限手段を含む前記光ピックアップ光学系は、前記開口数制限手段が該入射光線の光軸上に形成されかつ、入射光線の波面方向における入射光線の横断面面積より小である開口を有する環状偏光板である場合、並びに、前記開口数制限手段が入射光線の横断面面積より小である1/4波長板である場合、ともに、CD及びSD用のコンパチブルプレーヤの構造を簡素にできる。

【0020】

【実施例】

(二焦点結晶レンズ) 本実施例の二焦点結晶レンズは一軸結晶からなり、2つのレンズ共軸面の少なくとも1つが球面又は非球面で、その光学結晶軸が入射光線の光軸に対し垂直又は平行になされている。二焦点レンズは、2つの共軸面の少なくとも1方に非球面樹脂層を設けることもできる。発明者は、光学的異方性材料の示す複屈折に着目し、複屈折性材料をレンズへ応用した。異方性結晶材料内の電場が光電場である場合、異方性物質あるいは結晶は、直交する2つの偏光に対して異なる屈折率を有するという複屈折性を示す。いま、電気変位ベクトルDの各成分を $D_i$ とすると、

【0021】

【数1】

$$D_i = \sum_j \epsilon_{ij} E_j = \epsilon_0 \cdot (1 + \sum_j X_{ij}^{(1)}) E_j \quad (A)$$

となる。式中、 $\epsilon_0$ は真空中誘電率、 $E_j$ は電場ベクトル成分、 $X_{ij}^{(1)}$ は一次電気感受率、 $\epsilon_{ij}$ は誘電率テンソルである。

【0022】このような結晶中での光波の振舞いは、そのエネルギーUが一定の条件(A2)及び(A3)を連立することによって記述できる。結晶中の直交軸を適当

に定めれば、 $\epsilon_{ij}$ を対角化することができる。

【0023】

【数2】

$$U = E \cdot D = \sum_i \sum_j (\epsilon_{ij})^{-1} D_i D_j = \text{一定} \quad (A2)$$

$$\text{div} D = \sum_i s_i D_i = 0 \quad (s_i: \text{光波伝搬方向 } s \text{ の各成分}) \quad (A3)$$

対角化した  $\epsilon_{ij}$  を改めて  $\epsilon_i$  とおき、 $\epsilon_i / \epsilon_0 = n_i^2$ ,  $\sqrt{D_j / \epsilon_0} U = x_i$

とおくと、式 (A2) および式 (A3) はそれぞれ、

$$\frac{x_1^2}{n_1^2} + \frac{x_2^2}{n_2^2} + \frac{x_3^2}{n_3^2} = 1 \quad (A4)$$

$$s_1 x_1 + s_2 x_2 + s_3 x_3 = 0 \quad (A5) \quad \text{となる。}$$

【0024】屈折率楕円体 (A4) と平面 (A5) の交線は一般に楕円となり、その直交する2つの主軸方向に偏光した (光電場が振動方向をもつ) 光波は、主軸の長さに相当する2つの異なる屈折率をもって結晶中を伝搬する。 $x_i$  は光学的主軸、 $n_i$  は主屈折率とよばれ、結晶は以下の3通りに分類される。

- 1)  $n_1 = n_2 = n_3$  の場合、複屈折性を示さない等方性結晶 (等軸晶系)
- 2)  $n_1 = n_2 \neq n_3$  の場合、一軸結晶 (正方晶系、三方晶系、六方晶系)
- 3)  $n_1 \neq n_2 \neq n_3$  の場合、二軸結晶 (三斜晶系、単

斜晶系、斜方晶系)

一軸結晶においては、 $z$  軸と光波の伝搬方向で作られる平面 (主断面) に垂直な偏光方向を有する常光線は、その伝搬方向によらず、一定の屈折率  $n_1 = n_2 = n_o$  (常光線屈折率) をもって結晶中を伝搬する。一方、主断面内の偏光方向を有する異常光線は、その伝搬方向と、 $z$  軸のなす角を  $\theta$  とすると、次式の  $n(\theta)$  で与えられる屈折率をもって結晶中を伝搬する。

【0025】

【数3】

$$\frac{1}{n^2(\theta)} = \frac{\cos^2 \theta}{n_o^2} + \frac{\sin^2 \theta}{n_e^2} \quad (A6)$$

【0026】ここで  $n(\theta) = \frac{1}{n^2(\theta)}$  は、異常光線の結晶内伝搬方向に依存して  $\theta = 0 \sim 90^\circ$  で  $n_o$  (常光線屈折率)  $\sim n_e$  (異常光線屈折率) に変わる。一軸結晶では、 $n(\theta) = n_o$  となる方向 ( $\theta = 0$  に対応する  $z$  軸方向 = 光学軸又は光学結晶軸) が1つだけある。 $n_e > n_o$  の場合の水晶 (石英) 等を正結晶、 $n_o > n_e$  の場合の方解石等を負結晶という。

【0027】従って、一軸結晶の光学結晶軸が入射光線の光軸に非平行であれば、異常光線及び常光線の互いに

垂直な振動面の2つ偏光を分離できる二焦点レンズが得られる。特に、入射光線の光軸に垂直な光学結晶軸の一軸結晶の二焦点レンズでは最大の偏角で2つ偏光が得られる。二焦点レンズにおいて、例えば、ガウス領域における2つの球面からなる単レンズを考えた場合に、この結像式は次式のように示される。

【0028】

【数4】

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) + \frac{(n-1)^2}{n} \frac{d}{r_1 r_2}$$

【0029】式中、 $f$  は焦点距離、 $n$  はレンズの屈折率、 $r_1$ ,  $r_2$  は2つの球面の極率半径、 $d$  はレンズ厚を示す。ここで、例えば、二焦点レンズを平凸レンズを構成した場合 ( $r_2 = \infty$ )、上記式より

【0030】

【数5】  $f(n-1) = r_1$

となり、偏光ごとの屈折率の変化により焦点距離を変化させることができる。すなわち、入射光線の光軸に対して一軸結晶の光学結晶軸のなす角を適宜に選択することによって、二焦点距離の差を変化させることができる。

【0031】さらに、入射光線の光軸に対して一軸結晶の光学結晶軸のなす角を零、すなわち平行にしたときでも、入射光線の光軸上では  $n(\theta) = n_o$  で該光軸から

離れるに従って異常光線が分離する。二焦点レンズの曲面表面は球面の他に、非球面とすることもでき、2つ偏光の分離方向、収差を補正するように設定できる。さらに、偏光分離方向、収差補正のために、二焦点レンズは、2つの共軸面の少なくとも1方に非球面樹脂層を設けることもできる。

【0032】なお、一軸結晶に代え二軸結晶からなるレンズ又は光学素子としてもよい。二軸結晶においては、光学的主軸  $x_3$ ,  $x_1$  と方位角  $\theta$ ,  $\phi$  をなして伝搬する直交する2つの偏光に対する屈折率  $n$  は、 $n^2$  に関する2次方程式

【0033】

【数6】

$$\frac{\sin^2 \theta \cos^2 \phi}{n^2 - n_1^2} + \frac{\sin^2 \theta \sin^2 \phi}{n^2 - n_2^2} + \frac{\cos^2 \phi}{n^2 - n_3^2} = 0 \quad (A7)$$

【0034】の2つの解で与えられる。よって、2つ光学結晶軸方向を適宜設定してレンズ又は光学素子が得られる。一軸結晶の例を下表に示す。

一軸結晶	常光線屈折率	異常光線屈折率
水晶(波長780nm)	1.539	1.548
水晶(波長650nm)	1.542	1.551
LiNbO <sub>3</sub> (波長650nm)	2.282	2.199
ウルツ鉱(ZnS)	2.356	2.378
金紅石(ルチル, TiO <sub>2</sub> )	2.616	2.903
赤鉄鉱(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )(波長670.8nm)	2.940	3.220
硫化カドミウム	2.506	2.529
方解石	1.684	1.486
鋼玉(サファイヤ, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1.768	1.760
チリ硝石(NaNO <sub>3</sub> )	1.5854	1.3369
電気石	1.669	1.638
リン酸二水素カリウム(KDP)	1.5095	1.4684
リン酸二水素アンモニウム(ADP)	1.5242	1.4787

具体的には、図1に示すように、一例の二焦点結晶レンズ1は一軸結晶からなる単レンズで、空気中で入射光線の光軸2上に配置されており、入射側及び出射側の2つの共軸面3、4を有している。この一軸結晶は $n_o > n_e$ の関係がある方解石などの負結晶である。入射側面3は平面で、出射側面4は球面である。一軸結晶の光学結晶軸5が入射光線の光軸2に垂直になされている。入射側面3側から例えば直線偏光を入射した場合に、一軸結晶の主断面に垂直な振動面を有する常光線7(O-ray)と一軸結晶の主断面に平行な振動面を有する異常光線8(E-ray)とに別れ、それぞれ常光線焦点 $f_{no}$ 及び異常光線焦点 $f_{ne}$ に収束する。 $n_e > n_o$ の水晶(石英)などの正一軸結晶を用いた場合は、 $f_{no}$ 及び $f_{ne}$ の順序が逆になる。

【0036】一軸結晶の光学結晶軸5を、入射光線の光軸2に対して垂直の他に、非平行としても、又は、平行になるようにしても良い。また、共軸面3、4は両面とも球面にしても又は非球面とても良い。さらに、二焦点レンズは、共軸面の少なくとも1方に非球面樹脂層を設けることもできる。

(結晶レンズ) 次に、図2に示すように、第2実施例の結晶レンズ10は、入射側に配置され透光性の負一軸結晶からなる第1の凸レンズ体11と、出射側に配置され第1の凸レンズ体に球面又は非球面の曲面界面9を介して接合する同一の一軸結晶からなる第2の凹レンズ体12と、からなる平板複合レンズである。結晶レンズ10では、それぞれの一軸結晶の光学結晶軸が入射光線の光軸2に垂直になされて、2枚の凹凸レンズの光学結晶軸を直角になるように貼り合わせてある。 $n_o > n_e$ の関係がある負一軸結晶であるために、凸レンズ体11を通

【0035】

【表1】

過した入射光線の振動方向によって、図2ように凸レンズとして働いたり、凹レンズとして働く。

【0037】このように、本発明の結晶レンズは、入射側に配置され透光性の一軸結晶からなる第1レンズ体と、出射側に配置され第1レンズ体に曲面の界面を介して接合する透光性の第2の一軸結晶の光学材料からなる第2レンズ体と、からなる複合レンズである。上記では第2及び第1レンズ体が同一の一軸結晶からなるが、一軸結晶及び第2の一軸結晶の種類は異同を問わず、種々の一軸結晶から選択できる。

【0038】また、図3に示すように、結晶レンズ10は、一軸結晶及び第2の一軸結晶の光学結晶軸(双矢印)が互いに90度の他に45度の角度で傾斜又は交差して配置されている複合レンズとしてもよい。図4に示すように、上記二焦点結晶レンズと同様に、一軸結晶11及び第2の一軸結晶12それぞれの光学結晶軸が入射光線の光軸2に垂直でそれぞれが垂直である他に、一軸結晶11光学結晶軸が光軸2に平行でかつ第2の一軸結晶12がこれに垂直若しくはこの逆、などの軸の設定がなされ得る。結晶レンズは、入射側及び出射側の表面が平面で平行である平板レンズとしてもよい。結晶レンズの出射側又は入射側の表面は平面、球面又は非球面としてもよい。

【0039】さらに、第3実施例の結晶レンズとしては、第1及び第2レンズ体的一方を一軸結晶に代えて、光学ガラス、合成樹脂などの光学的等方性材料としてもよい。すなわち、図5に示すように、片方のレンズ体例えば第1の凸レンズ体を、光学結晶でなく、光学ガラス、合成樹脂などの光学的等方性材料の凸レンズ11a(屈折率 $=n_g=n_e$ )とした結晶レンズ10すること

もできる。

【0040】この場合、異常光線に対してはレンズ作用が無く単なる平行平板となる。一方、常光線の場合には、凹レンズとして作用する。このように光学結晶を用いることにより、様々なレンズ作用を入射光線の偏光方向によって自由に変えることができる。上記実施例同様に、これら一軸結晶の光学結晶軸を、入射光線の光軸に平行にすることによって、様々なレンズ作用を得ることもできる。入射及び出射両端で平行平面で構成された結晶レンズ例で説明したが、実行上効果が許される範囲で、入射及び出射両端を球面や非球面で構成することもできることは明らかである。

【0041】また図5の結晶レンズ10とは逆に、例えば第3実施例の全面貼り合わせタイプとしては、図6に示すように、水晶などの比較的屈折率が低い正一軸結晶( $n_o < n_e$ )を第1の凸レンズ体に用い、光学結晶軸を入射光線光軸に垂直とし、光学ガラス(屈折率 $=n_g=n_o$ )を第2凹レンズ体に用いることもできる。すなわち、結晶レンズ20は、第1の凸レンズ体21と、これに球曲面9を介して接合する透光性の光学ガラス材料からなる第2の凹レンズ体22aと、する。そして、凸レンズ体21の光学結晶軸に対して $45^\circ$ に傾斜した振動面の直線偏光の光を入射させる。

【0042】光学結晶軸に対し $45^\circ$ 傾斜直線偏光を入射すると、水晶の複屈折性から結晶の常光線の直線偏光と異常光線の直線偏光に別れる。球曲面に入射する際に、常光線は屈折率の変化がないので、平行平板を透過した場合と同じような振る舞いをする。一方、異常光線は次の面に入射する際に屈折率の差によって屈折され凹レンズのような振る舞いをする。

【0043】さらにまた、第4実施例として図7に示すように、平行平板の結晶レンズ30は、負一軸結晶からなる第1の凸レンズ体31と、これに球曲面9を介して接合する透光性の光学ガラス材料(屈折率 $=n_g=n_o$ )からなる第2の凹レンズ体32と、からなる。入射光波面における第1レンズ体の横断面面積は、入射光線の横断面面積より小である。ここで、凸レンズ体31の光学結晶軸に対して $45^\circ$ に傾斜した振動面の直線偏光の光を入射させる。この光は常光線と異常光線の成分に分けて考えることができ、図8に示すように、常光線の成分(図では紙面の上下に振動している成分)は、周辺部で全部光学素子を通過する。光学素子中心部も光学結晶は常光線に対して $n_o$ で、光学ガラス32の $n_g$ と等しくなるので、常光線は平行平板ガラスを通過した場合と同じで、何のレンズ効果も発生しない。一方、異常光線の成分(図の紙面と垂直に振動している成分)は、周辺部で全部光学素子を通過するが、中心部では異常光線に対して $n_e$ となり、光学ガラスの屈折率( $n_g$ )より低く、凹レンズとして働く。

【0044】異常光線及び常光線の成分の通過光量を変

化させる場合は、図9に示すように、第4実施例に加えて、さらに、入射光線の全偏光成分が第1レンズ体へ直接入射するような開口を有する環状偏光板40を第2レンズ体32の入射側上に配置する。環状偏光板40が常光線を通すものとする、異常光線の成分は、中心部では偏光板により遮断され、光学結晶周辺部の光は通過することはできないので異常光線束は制限される。

【0045】この第4実施例の第1レンズ体中心埋め込みタイプの結晶レンズ構造は、第1及び第2レンズ体に $LiNbO_3$ などの比較的屈折率が高い結晶を用いた場合に適用できる。図10に示すように、例えば結晶レンズ50は、 $LiNbO_3$ の第1凸レンズ体51の光学結晶軸に対して $45^\circ$ に傾斜した $LiNbO_3$ の第2凹レンズ体52を有する。この結晶レンズ50は、図11に示すように、外周部分に入射した光はそのまま平行平板を透過する。中心部分に入射した光は、次の面に入射する際に、後の結晶の常光線の直線偏光、および異常光線の直線偏光に別れる。常光線の光は次の面に移る際に、屈折率の変化がないので、平行平板を透過した場合と同じような振る舞いをする。一方、異常光線は次の面に入射する際に屈折率の差によって屈折される。このように、結晶レンズは、第1及び2レンズ体を一軸結晶として、それぞれの光学結晶軸を入射光線の光軸に垂直とし、第1及び2の一軸結晶の光学結晶軸が互いに $45^\circ$ の角度をなして配置されている複合レンズとしてもよい。

【0046】これら実施例は、例えば光ピックアップを有する光学式情報読み取り装置の光学系に利用することができる。CD及びSDなどの光ディスクにおいて、球面収差をもたらす各層毎厚みが異なる多層構造の光ディスクでも、また、読み取り対物レンズの最適開口数NAも異なる仕様の場合でも、これら光ディスクを同じプレーヤで再生することができ、上記結晶レンズの偏光光学素子は非常に有効である。

(光ピックアップ光学系) CD再生時の光学系とSD再生時の光学系では以下のような違いがある。

- 【0047】(1)開口数NAの違い。(SD再生時が0.6に対して、CD再生時は0.37である)  
(2)光ディスク厚みの違い。(SD再生時が0.6mmに対して、CD再生時は1.2mmである)

従って、CD/SDコンパチブル光ピックアップを実現するためには、最低限上記の2つの違いを補正してやる必要がある。光ディスク厚み及びNAの違いは、結晶レンズの一軸結晶材料及び等方性材料の選択、並びにその表面及び界面の曲面球面の曲率、形状を適宜設計することで補正することができる。

【0048】例えば上記第4実施例の結晶レンズ30を偏光光学素子として、図12に示すように、光ディスクの厚みと読み取り対物レンズの最適NAとが異なる仕様の光ディスク用の光ピックアップ光学系に用いることで



る。すなわち、光ピックアップ光学系には、この結晶レンズ30下流に対物レンズ90が配置され、さらに下流に光ディスク60、70が配置され、結晶レンズ30及び対物レンズ90間の距離を保ったままで対物レンズ90及び光ディスク60、70の対物レンズ光ディスク間距離wdを変えるフォーカスサーボ手段を備えられている。

【0049】この光ピックアップ光学系により、SD再生時の光ディスク70の厚み0.6mm、NA=0.6と、CD再生時の光ディスク60の厚み1.2mm、NA=0.37のシステムと、で最適のシステムを同じピックアップ（結晶レンズ40及び対物レンズ90間の距離一定）で読みとることができる。SD再生時の結晶レンズ30は、常光線の場合で単なる平行平板ガラスとして機能し、対物レンズ光ディスク間距離wdの設定で光ディスクに集光できる。

【0050】CD再生時の結晶レンズ30は、光ディスク厚み、NA共に変化させなくてはならない。このとき異常光線を用いて、結晶レンズ30は第1凸レンズ体31周辺の偏光板40により、光束を小さくして実効NAを下げている。すなわち、光軸から半径r以上の第2レンズ体領域を通る光線については、平行平板として作用する。一方、半径r以下の第1レンズ体領域を通る光線のみが、レンズ作用を受ける。

【0051】この光ピックアップ光学系よれば、SDシステムによる、2層の記録層を有する光ディスクに同時に2つの偏光光を集光できる。また、この一軸結晶第1レンズ及び光学ガラス第2レンズからなる結晶レンズに代えて、上記図10の一軸結晶第1レンズ及び一軸結晶第2レンズからなる結晶レンズにしても同様な光ピックアップ光学系が得られる。なお、光ディスク厚みの違いにより発生する球面収差は、像物点間距離を変えることで、除去することができる。光ディスク厚みの変化が大きく球面収差の発生が大きい時、このような偏光光学素子で取りきれない場合には、レンズ体界面を非球面形状にすることにより、より効果を上げることができる。

【0052】このように、本発明の光ピックアップ光学系は、入射側に配置され透光性の一軸結晶からなる第1レンズ体、及び、出射側に配置され第1レンズ体に曲面の界面を介して接合する透光性の一軸結晶又は等方性光学材料からなる第2レンズ体、からなる結晶レンズを含み、結晶レンズをその主面の法線が入射光線の光軸に一致させ配置したとき、入射光線が第2レンズ体へ直接入射するように第1レンズ体の横断面積が入射光線の横断面積より小であることが必要である。

【0053】たの実施例として、上記図12の光ピックアップ光学系の小横断面積第1レンズ体を有する結晶レンズに代えて、上記第3実施例の全面貼り合わせタイプの結晶レンズを用いる場合、NAの補正については、入射ビーム径をSD再生時に比べて細くする開口数制限

手段を設けることで対応できる。すなわち、図9に示した結晶レンズの前に偏光板40を挿入することにより、図13に示すように、前述の光ピックアップ光学系と同様にCD/SDコンパチブル光ピックアップを実現できる。

【0054】さらにまた、図14に示すように、その他の光ピックアップ光学系では、図13の偏光板40に代えて、結晶レンズの前に1/4波長板40aを挿入することによって、前述の光ピックアップ光学系と同様にCD/SDコンパチブル光ピックアップを実現できる。このように、開口数制限手段は、結晶レンズをその主面の法線が入射光線の光軸に一致させ配置したとき、入射光線の全偏光成分が第1レンズ体へ直接入射するような開口を有する環状偏光板か、あるいは、入射光線の横断面積より小である面積を有する1/4波長板であることが必要である。

（具体例）複屈折媒体としては水晶（ $n_o=1.542$ ,  $n_e=1.551$ ）（波長650nm）を用い、光学ガラスとしてはショット（SCHOTT）社製造のBALF8（ $n=1.551259$ ）を用いて、曲面界面形状は球面を用いて行った。光ディスク厚tdをどのくらいにまで厚くできるか検討を行った。以下の表にその結果を示す。

【0055】

【表2】

t d (mm)	OPD (rms)
0.70	0.008047
0.80	0.020261
0.90	0.032490
1.00	0.044725
1.10	0.056976
1.20	0.069241

複屈曲媒体としては水晶を用いて、曲面界面形状は非球面を用いて行った。その結果、光ディスク厚1.2mmに対しても最適な設計値を得ることができた。その結果を示す。

【0056】

【数7】  $t d = 1.2 \text{ mm}$

$OPD (rms) = 0.001588$

$A4 = 0.027401$ （4次の非球面係数）

複屈折媒体としてはLiNbO<sub>3</sub>を用いて、曲面界面形状は球面とした。以下の表にその結果を示す。

【0057】

【表 3】

t d (mm)	OPD (rms)
1.10	0.006338
1.20	0.017308

複屈折媒体としては $\text{TiO}_2$ を用いて、形状は球面を用いて行った。その結果、1.2mmの光ディスクに対しても、ほぼ無収差の理想的な結晶レンズを得ることができた。

【0058】

【数8】  $t d = 1.2 \text{ mm}$ 

OPD (rms) = 0.002968

【0059】

【発明の効果】本発明によれば、2つの共軸面の少なくとも1つが曲面表面である一軸結晶からなる二焦点結晶レンズであるので、一軸結晶の複屈折を利用して互いに直行する振動面を有する異常光線及び常光線の偏光を分離して二焦点を得、構成が簡素で小型化低コスト化ができる対物レンズが得られる。また本発明は、透光性の一軸結晶からなる第1レンズ体と、第1レンズ体に曲面の界面を介して接合する透光性の光学材料からなる第2レンズ体と、からなる結晶レンズであるので、異常光線及び常光線の偏光を分離して異なるレンズ作用を同時に達成できる。よって、実用できる光量が得られかつレーザーの波長の変化に対して強い結晶レンズ及び光学素子を得ることができる。

【0060】さらに本発明は、2つの共軸面の少なくとも1つが球面又は非球面である一軸結晶からなる二焦点結晶レンズを対物レンズとして用いた光ピックアップ光学系であるので、CD及びSD用のコンパチブルプレー

ヤの構造を極めて簡略化でき、小型化低コスト化が達成される。本発明は、透光性の一軸結晶からなる第1レンズ体及び、第1レンズ体に球面又は非球面の界面を介して接合する透光性の第2の一軸結晶又は光学的等方性材料からなる第2レンズ体からなる結晶レンズと、結晶レンズに共軸に配置された対物レンズと、を含む光ピックアップ光学系であるので、同時に二焦点を達成する光ピックアップ光学系が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施例の二焦点結晶レンズの斜視図である。

【図2】 実施例の結晶レンズの断面図である。

【図3】 他の実施例の結晶レンズの斜視図である。

【図4】 他の実施例の結晶レンズの断面図である。

【図5】 他の実施例の結晶レンズの断面図である。

【図6】 他の実施例の結晶レンズの断面図である。

【図7】 他の実施例の結晶レンズの斜視図である。

【図8】 他の実施例の結晶レンズの断面図である。

【図9】 他の実施例の結晶レンズの断面図である。

【図10】 他の実施例の結晶レンズの斜視図である。

【図11】 他の実施例の結晶レンズの断面図である。

【図12】 実施例の光ピックアップ光学系の概略断面図である。

【図13】 他の実施例の光ピックアップ光学系の概略断面図である。

【図14】 他の実施例の光ピックアップ光学系の概略断面図である。

【主要部分の符号の説明】

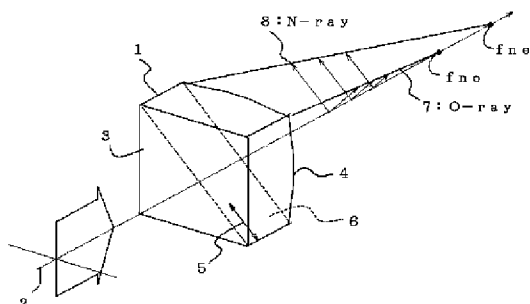
1 二焦点結晶レンズ

10、20、30、50 結晶レンズ

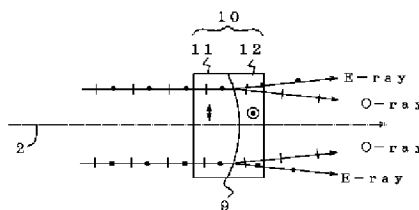
60、70 光ディスク

90 対物レンズ

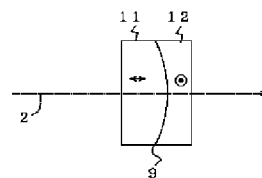
【図1】



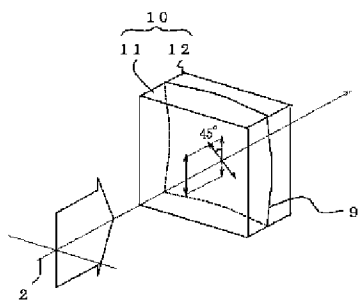
【図2】



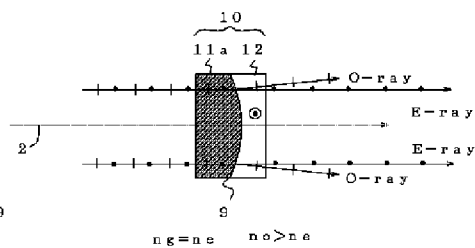
【図4】



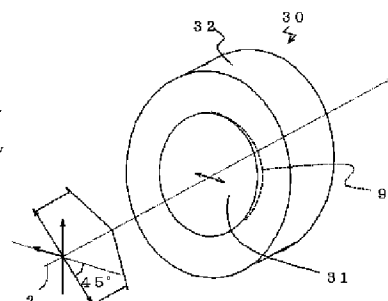
【図3】



【図5】

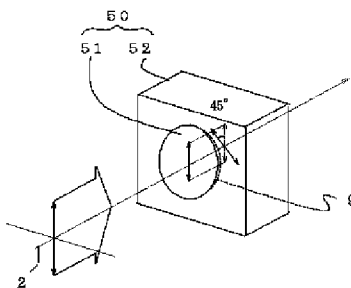
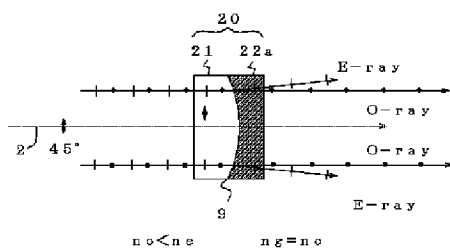


【図7】



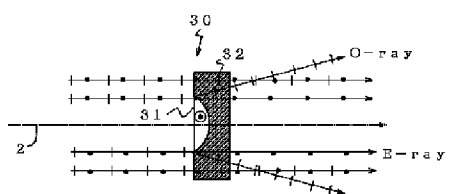
【図10】

【図6】

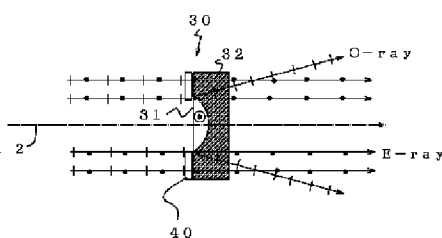


【図8】

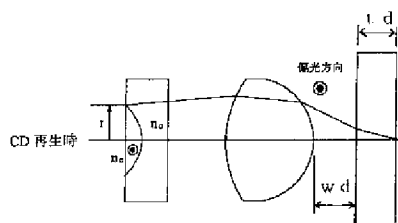
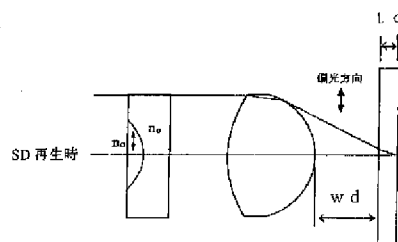
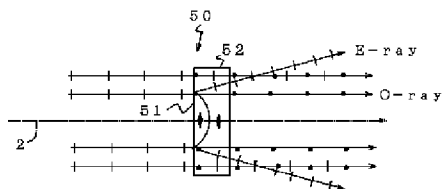
【図9】



【図11】

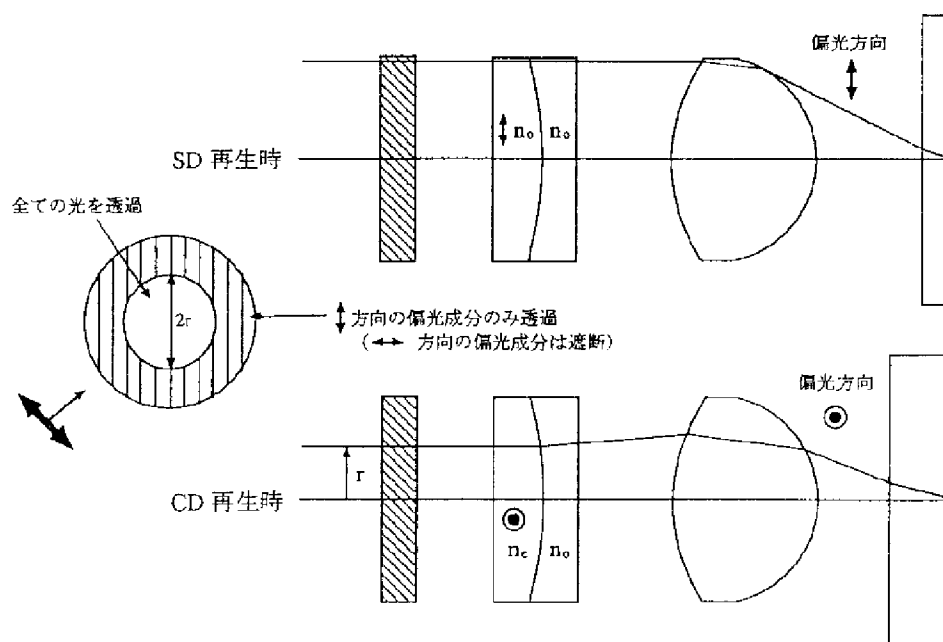


【図12】



【図13】

( 7 )



【図14】

